

## 1. Основы механики.

### Кинематика

Скорость при равномерном прямолинейном движении

$$v = \frac{s}{\Delta t}$$

Кинематическое уравнение равномерного прямолинейного движения

$$x = x_0 + v_x t$$

Относительность движения, закон сложения скоростей

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}' + \Delta \vec{r}_0$$
$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_0$$

Средняя путевая скорость

$$\langle v \rangle = \frac{s}{\Delta t}$$

Ускорение при равноускоренном движении

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$

Кинематические уравнения равноускоренного поступательного движения

$$v = v_0 \pm at; v^2 - v_0^2 = 2as,$$

$$s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2},$$

$$x = x_0 \pm v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

### Вращательное движение

Угловая скорость, период, частота

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{t},$$

$$T = \frac{N}{t} = \frac{1}{\nu}, \nu = \frac{1}{T}$$

Центростремительное ускорение

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Связь между линейными и угловыми величинами при вращательном движении

$$v = \omega R = 2\pi \nu R,$$

$$a = \omega^2 R$$

### Динамика

Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Сила трения скольжения

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Сила упругости, закон Гука

$$F_y = -k\Delta l, \sigma = E\varepsilon, \frac{F}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0}$$

Закон всемирного тяготения

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Сила тяжести

$$\vec{F} = m\vec{g}$$

Архимедова сила

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_T$$

### Законы сохранения в механике

Импульс тела

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Импульс силы

$$\vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Закон сохранения импульса

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n = \text{const}$$

Работа силы

$$A = F |\Delta \vec{r}| \cos \alpha$$

Средняя мощность

$$\langle P \rangle = \frac{A}{\Delta t} \quad \langle P \rangle = F \langle v \rangle \cos \alpha$$

Коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{A_n}{A_3} = \frac{P_n}{P_3} 100\%$$

Кинетическая энергия

$$E_n = \frac{mv^2}{2}$$

Теорема о кинетической энергии

$$A = E_{\text{к2}} - E_{\text{к1}} = \Delta E_{\text{к}}$$

Потенциальная энергия тела, поднятого на некоторую высоту

$$E_p = mgh$$

Работа силы тяжести

$$A = -(E_{\text{p1}} - E_{\text{p2}}) = -\Delta E_p$$

Потенциальная энергия упругодеформированного тела

$$E_p = \frac{k(\Delta l)^2}{2}$$

Закон сохранения механической энергии

$$E_{\text{к1}} + E_{\text{p1}} = E_{\text{к2}} + E_{\text{p2}} = \text{const}$$

### Статика

Момент силы относительно неподвижной оси

$$M = Fl$$

Условия равновесия тела

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0,$$

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$$

Гидростатическое давление

$$p = \rho gh$$

### Элементы СТО

Релятивистское замедление часов

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Релятивистское сокращение длины стержня

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Релятивистский закон сложения скоростей

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v'v_0}{c^2}}$$

Релятивистский импульс

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Закон взаимосвязи массы и энергии

$$E = mc^2, E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

## 2. Основы МКТ и термодинамики

Молярная масса вещества

$$M = m_0 N_A$$

Количество вещества

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

Число молекул в данной массе вещества

$$N = \nu N_A = \frac{m}{M} N_A$$

Масса вещества

$$m = m_0 N = \nu N_A m_0 = \nu M$$

### Идеальный газ

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v_{\text{кв}} \rangle^2$$

Уравнения Клаузиуса

$$p = \frac{2}{3} n \langle E_{\text{к}} \rangle = nkT$$

Средняя квадратичная скорость движения молекул

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул

$$\langle E_{\text{к}} \rangle = \frac{3}{2} kT$$

Внутренняя энергия произвольной массы идеального газа

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

### Газовые законы

Изотермический процесс (Закон Бойля – Мариотта)

$$pV = \text{const}, \text{ при } T, m = \text{const}$$

Изобарный процесс (Закон Гей-Люссака)

$$\frac{V}{T} = \text{const}, \text{ при } p, m = \text{const}$$

Изохорный процесс (Закон Шарля)

$$\frac{p}{T} = \text{const}, \text{ при } V, m = \text{const}$$

Уравнение состояния идеального газа

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Уравнение Клапейрона-Менделеева

$$pV = \frac{m}{M} RT = \nu RT$$

Закон Дальтона

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

### Свойства газов, жидкостей и твердых тел

Абсолютная влажность, относительная влажность

$$\rho = \frac{pM}{RT}, \quad \varphi = \left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) 100\%$$

Сила поверхностного натяжения жидкости

$$F_{\text{пов}} = \sigma l, \quad \sigma = \frac{A}{S} = \frac{\Delta U_{\text{пов}}}{S}$$

Линейное расширение тел

$$l = l_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

### Термодинамика

Первое начало термодинамики

$$\Delta Q = \Delta U + A, \quad \Delta U = \Delta Q = A'$$

Работа газа при изменении его объема

$$A = p \Delta V$$

Работа газа при изобарическом расширении

$$F = p(V_2 - V_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$$

### Тепловые явления

Количество теплоты переданное в процессе теплопередачи

$$\Delta Q = cm \Delta t$$

Количество теплоты, необходимое при парообразовании (конденсации)

$$\Delta Q = Lm$$

Количество теплоты, необходимое при плавлении (кристаллизации)

$$\Delta Q = m \lambda$$

Количество теплоты выделяемое при сгорании топлива

$$\Delta Q = qm$$

Уравнение теплового баланса

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \dots + \Delta Q_n = 0$$

### Тепловые двигатели

К.П.Д. теплового двигателя

$$\eta = \frac{\Delta Q_1 - \Delta Q_2}{\Delta Q_1}$$

К.п.д. цикла Карно

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

### 3. Электричество

#### Электростатика

Закон Кулона

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon r^2}, k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Закон сохранения электрического заряда

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const$$

Напряженность электрического поля точечного заряда

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2}$$

Принцип суперпозиции электрических полей

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

Поверхностная плотность заряда

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

Напряженность электростатического поля для равномерно заряженной сферы

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} (r \geq rR) \quad E = 0, (r < R)$$

Напряженность поля равномерно заряженной бесконечной плоскости

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными равномерно заряженными плоскостями

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Потенциал электростатического поля

$$\varphi = \frac{A}{q}$$

Потенциал поля точечного заряда

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Принцип суперпозиции потенциалов

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Связь между направленностью и разностью потенциалов в однородном электростатическом поле

$$E = \frac{U}{d}$$

Потенциальная энергия заряда в однородном электростатическом поле

$$W = qEd$$

#### Емкостные характеристики

Емкость конденсатора

$$C = \frac{q}{U}$$

Электрическая емкость уединенного проводника

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

Электрическая емкость сферы

$$C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R$$

Электрическая емкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

Электрическая емкость параллельно и последовательно соединенных конденсаторов

$$C_0 = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$
$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{cU^2}{2} = \frac{q^2}{2c} = \frac{qU}{2}$$

Плотность энергии электрического поля в диэлектрике

$$w = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$$

#### Электрический ток

Сила тока, плотность тока

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, j = \frac{I}{S}$$

Закон Ома для участка цепи

$$I = \frac{U}{R}$$

Сопротивление проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Зависимость сопротивления от температуры

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta t), \quad R = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

Последовательное и параллельное соединение резисторов

$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$
$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Закон Джоуля-Ленца

$$Q = I^2 R \Delta t$$

Мощность электрического поля

$$P = \frac{A}{\Delta t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Закон Ома для замкнутой цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}, I_{кз} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

#### Электролиз

Закон Фарадея для электролиза

$$m = kIt$$

$$K = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} = \frac{M}{F_n}$$

#### 4. Магнетизм. Колебания и волны

##### Магнитное поле

Модуль вектора магнитной индукции

$$B = \frac{F_{max}}{Il}$$

Принцип суперпозиции магнитных полей

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$

Индукция магнитного поля, бесконечного прямолинейного проводника с током

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Индукция магнитного поля в центре тонкого кругового контура

$$B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

Индукция магнитного поля внутри соленоида

$$B = \frac{\mu_0 nI}{l}$$

Сила Ампера

$$F_A = BIL \sin \alpha$$

Сила Лоренца

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

##### Электромагнитная индукция

Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Э.Д.С. индукции в движущемся проводнике

$$\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha$$

Коэффициент самоиндукции (индуктивность контура)

$$\Phi = LI$$

Э.д.с. самоиндукции

$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$W_L = \frac{LJ^2}{2}$$

##### КОЛЕБАНИЯ

Уравнение гармонических колебаний

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0), \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad T = \frac{1}{\nu}$$

Амплитудное значение скорости и ускорения

$$v_0 = A\omega, \quad a_0 = A\omega^2$$

##### Механические колебания

Период колебаний и циклическая частота математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Период колебаний и циклическая частота пружинного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Превращение энергии при колебательном движении

$$E_k + E_p = const,$$

$$E_{p \max} = \frac{1}{2} kA^2$$

Скорость и длина волны

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$$

##### Свободные электромагнитные колебания

Формула Томсона

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Энергия идеального колебательного контура

$$W_c = \frac{CU_0^2}{2}, \quad W_L = \frac{LJ_0^2}{2}$$

##### Электромагнитные колебания и волны

Э.Д.С. генератора переменного тока

$$\mathcal{E} = BS\omega \sin \omega t = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$$

Переменный ток

$$I = I_0 \sin \omega t$$

Индуктивное сопротивление

$$X_L = \omega L$$

Емкостное сопротивление

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Полное сопротивление цепи

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Мощность переменного тока

$$P = IU \cos \varphi$$

Сдвиг фаз

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}, \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

Среднее значение мощности переменного тока

$$\langle P \rangle = \frac{I_0 U_0}{2}$$

Действующее значение переменного тока

$$I_D = \frac{I_0}{\sqrt{2}}, \quad U_D = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

$$P = J_D U_D = J_D^2 R = \frac{U_D^2}{2}$$

Резонанс в цепи переменного тока

$$X_L = X_C, \quad \omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Трансформатор

$$k = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = k, \quad \frac{U_1}{U_2} = k$$

Скорость электромагнитных волн в вакууме

$$c = \lambda\nu$$

## 5. Оптика, квантовая природа излучения

### Геометрическая оптика

Закон отражения света

$$\angle \gamma = \angle \alpha$$

Закон преломления света

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}, n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

Длина волны в среде

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

Предельный угол полного отражения

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

Показатель преломления

$$n = \frac{c}{v}$$

Формула тонкой линзы

$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$$

Оптическая сила и линейное увеличение линзы

$$D = \frac{1}{F}, \quad \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

Оптическая сила системы тонких линз

$$D = D_1 + D_2 + \dots + D_n$$

### Волновая оптика

Условия интерференции

$$\text{max: } \Delta l = \pm m \lambda$$

$$\text{min: } \Delta l = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

( $m=0,1,2,3,\dots$ )

Условия дифракционных максимумов и минимумов от одной щели

$$b \sin \varphi = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$b \sin \varphi = \pm m \lambda, \quad \text{где } m = 1, 2, 3 \dots$$

Условие главных максимумов дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda, \text{ где } k = 0, 1, 2, 3$$

### Кванты

Энергия, масса и импульс фотона

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Масса фотона

$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

Импульс фотона

$$p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, красная граница фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{выл}} + \frac{mv^2}{2}, \nu_{\text{min}} = \frac{A_{\text{выл}}}{h}$$

Длина волны де Бройля

$$\lambda_B = \frac{h}{p}$$

### Атом водорода

Обобщенная формула Бальмера

$$\nu = cR \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad m = 1, 2, 3, 4, 5; \quad n > m$$

Энергия излученного фотона

$$h\nu_{\text{тп}} = E_m - E_n$$

### Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц

Дефект массы ядра

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_n$$

Энергия связи нуклонов в ядре

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2$$

Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

**Дополнительные формулы и законы, которые нужно записать**